



# L'image virtuelle comme source de connaissance pour le patrimoine technique et industriel : Comment allier Histoire et Ingénierie ?

Florent Laroche, Michel Cotte, Jean-Louis Kerouanton, Alain Bernard

## ► To cite this version:

Florent Laroche, Michel Cotte, Jean-Louis Kerouanton, Alain Bernard. L'image virtuelle comme source de connaissance pour le patrimoine technique et industriel : Comment allier Histoire et Ingénierie ?. Congrès national des sociétés historiques et scientifiques, 2007, Arles, France. 12 p. hal-00422187

**HAL Id: hal-00422187**

**<https://hal.science/hal-00422187>**

Submitted on 6 Oct 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **L'image virtuelle comme source de connaissance pour le patrimoine technique et industriel : Comment allier Histoire et Ingénierie ?**

Florent Laroche<sup>1 2 3</sup>, Michel Cotte<sup>1 3</sup>, Jean-Louis Kerouanton<sup>1 3</sup>, Alain Bernard<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Homme et de la Technologie – Ecole Polytechnique – Université de Nantes - FRANCE

<sup>2</sup> Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes – Ecole Centrale de Nantes – FRANCE

<sup>3</sup> Centre François Viète d'histoire des sciences et des techniques – Université de Nantes - FRANCE

[florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr](mailto:florent.laroche@irccyn.ec-nantes.fr)

***Mots clés : patrimoine, histoire des techniques, industrie, images virtuelles***

Ce 132<sup>ème</sup> congrès se propose d'explorer l'image comme source de la connaissance. Rejoignant cette problématique d'utilisation du savoir du passé au temps présent afin d'envisager le futur, notre travail de recherche s'oriente vers les objets patrimoniaux à vocation industrielle et à caractère technique ou scientifique.

Couramment utilisées par les industries contemporaines, les nouvelles technologies créent de nouveaux modes de travail, de nouvelles représentations... par le virtuel. L'approche présentée consiste à "renverser l'axe des temps de la conception" et à proposer, à partir de l'objet technique et des informations dont on dispose (objet, photos, textes, plans 2D, vestiges archéologiques...) et grâce à l'utilisation d'outils (numérisation 3D, CAO et imagerie, réalité virtuelle...), une remise en situation d'usage virtuelle dynamique des objets techniques anciens.

Destinées à des fins de vulgarisations scientifiques, muséographiques, didactiques... ces images virtuelles n'en restent pas moins qu'un point de vue qui ne remplacera jamais le réel. Cependant, tout comme les relevés archéologiques permettent de démontrer une évolution anthropologique, le dessin technique révèle les savoirs et met en évidence les savoir-faire.

Cette communication fera tout d'abord un état des lieux des pratiques actuelles du virtuel pour le patrimoine puis statuera sur la méthodologie développée. De nombreux exemples menés dans le cadre de cette recherche viendront en illustrer la communication.

## 1. Introduction

Se simplifier la vie, inventer des objets pour toujours faire mieux. Depuis la nuit des temps l'Homme tente d'améliorer sa situation de vie. Il se crée un monde parallèle (mais réel) au monde réel naturel. Ces objets de la vie quotidienne font désormais partie de notre patrimoine présent mais également passé. Conserver ces objets afin de les analyser et de les comprendre peut devenir une source de connaissances pour anticiper notre futur et créer les objets de demain. Malheureusement, la protection de ce patrimoine pose question quant aux méthodes à utiliser pour le capitaliser et le valoriser. En effet, depuis 200 ans, les objets étant devenus de plus en plus complexes, de nouvelles méthodes et de nouveaux outils sont à implémenter pour cette muséologie du 3<sup>ème</sup> millénaire.

Dans cette communication, nous démontrerons dans un premier temps la pertinence de la démarche. Suite à une analyse de la dualité de l'anthropologie des savoir-faire au regard des pratiques des techniques, nous en déduisons la problématique implicite : la nécessité de sauvegarder le patrimoine scientifique, technique et industriel.

Enfin, après avoir démontré la possibilité de convergence de plusieurs domaines scientifiques : "l'histoire des techniques, la muséographie et le Génie Industriel", nous expliquerons la méthodologie générale développée pour passer de l'objet réel et de ses connaissances et savoir-faire associés vers un modèle numérique replacé dans son contexte immatériel.

La maquette numérique de référence (Digital Heritage Reference Model), élément clef de cette capitalisation des connaissances, permettra ainsi de développer de multiples applications à caractère virtuel. Ce sujet de recherche fondamental ne s'appuyant sur aucune demande industrielle déterminée, de nombreux exemples ont été menés afin de construire le modèle.

## 2. La situation du patrimoine

### *Une première approche du patrimoine*

Phénomène de mode ou de sentiment d'appartenance intellectuelle, le patrimoine culturel est désormais considéré à sa juste valeur et devient une action prioritaire pour les villes, les communautés urbaines, l'état... Sauvegarder son patrimoine permet de justifier sa place et de s'affirmer vis-à-vis des autres. C'est une course quantitative à qui sauvegardera le plus dans son proche voisinage.

En 2003, lors du colloque ICHIM<sup>1</sup> alors sous le thème des institutions culturelles et du numérique, Jean-Pierre Dalbéra du ministère de la culture et de la communication mit l'accent sur la nécessité d'une capitalisation et d'une valorisation du patrimoine français [1]. Dès lors, de nombreux programmes de recherche ont été entamés. Parmi les plus connus, citons :

- **GALICA**, numérisation et mise en ligne sur le web d'ouvrages scientifiques et techniques de la Bibliothèque Nationale François Mitterrand,

---

<sup>1</sup> ICHIM = International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums - [www.ichim.org](http://www.ichim.org)

- **CNUM**, numérisation et mise en ligne sur le web d'ouvrages techniques du Conservatoire National des Arts-et-Métiers,...

Cependant, ces nombreux programmes sont centrés sur les documents historiques papiers, les iconographies, les objets d'arts ou les monuments architecturaux. Le patrimoine industriel n'a pas encore été ciblé comme priorité de conservation.

Malgré tout, signalons qu'un premier projet a été initié par le ministère de la culture sous l'intitulé : "Mémoires de l'innovation scientifique et technologique du 20<sup>ème</sup> siècle" [2]. Celui-ci est piloté par Yves Thomas, directeur de la cellule de valorisation de la recherche de l'Université de Nantes, et par Catherine Cuenca, conservateur d'état au Conservatoire National des Arts-et-Métiers. L'originalité du projet a été d'utiliser les nouvelles technologies pour valoriser ce patrimoine ; il fut produit 3 DVDs regroupant les parcours et les objets, fruits de la recherche de chercheurs, ainsi qu'un site internet permettant d'accéder à cette connaissance et de la partager tant du point de vue des experts que du point de vue ludique et pédagogique (module de création de présentations, de jeux,...) [3]. Mais ces éléments de valorisation ne sont que la partie visible du programme ; en effet, l'essentiel de l'étude consiste en une base de données de plus de 3000 objets référencés et documentés issus de la recherche en Pays de la Loire. Récemment, ce programme a été étendu au niveau national et connaît un fort succès.

### ***Définition du patrimoine naturel et culturel***

A l'échelle internationale, l'UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization également dénommée Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture, fait autorité en la matière. Grâce à son programme de classement des œuvres, l'organisme certifie l'authenticité et la préservation du patrimoine naturel et culturel. Le patrimoine naturel rassemblant les sites, les formations géologiques ou monuments naturels n'est pas au cœur de notre travail de recherche. En revanche, le patrimoine culturel est lui, une production de l'homme, une valeur ajoutée à ce que la nature a produit.

D'après la Convention de l'UNESCO, est considéré comme "patrimoine naturel" [4] :

- les **monuments naturels** constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique ou scientifique,
- les **formations géologiques et physiographiques** et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animale et végétale menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation,
- les **sites naturels ou les zones naturelles** strictement délimitées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle.

Et, est considéré comme "patrimoine culturel" [4]:

- **les monuments** : oeuvres architecturales, de sculpture ou de peinture monumentales, éléments ou structures de caractère archéologique, inscriptions,

grottes et groupes d'éléments, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de l'histoire, de l'art ou de la science,

- **les ensembles** : groupes de constructions isolées ou réunies, qui, en raison de leur architecture, de leur unité, ou de leur intégration dans le paysage, ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de l'histoire, de l'art ou de la science,
- **les sites** : oeuvres de l'homme ou oeuvres conjuguées de l'homme et de la nature, ainsi que les zones y compris les sites archéologiques qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue historique, esthétique, ethnologique ou anthropologique.

Toutefois, cette convention ne fait en aucun cas état des actions à mener quant à la sauvegarde du patrimoine immatériel. En effet, utilisant un diagramme entité-relation, la Figure 1 propose de mettre en corrélation les 3 objets élémentaires de la vie de l'Homme sur la Terre. L'artefact représente ici un objet matériel, une machine, un outil, un appareil créé et utilisé par l'Homme. Le Lien entre l'Homme et la Terre est une adaptation permanente de l'homme avec son environnement naturel ; environnement sur lequel il ne peut influencer. Cependant, l'Homme va pouvoir domestiquer les éléments naturels en utilisant un subterfuge : un artefact intermédiaire, artefact qu'il va façonner afin d'épouser au mieux les contraintes naturelles.

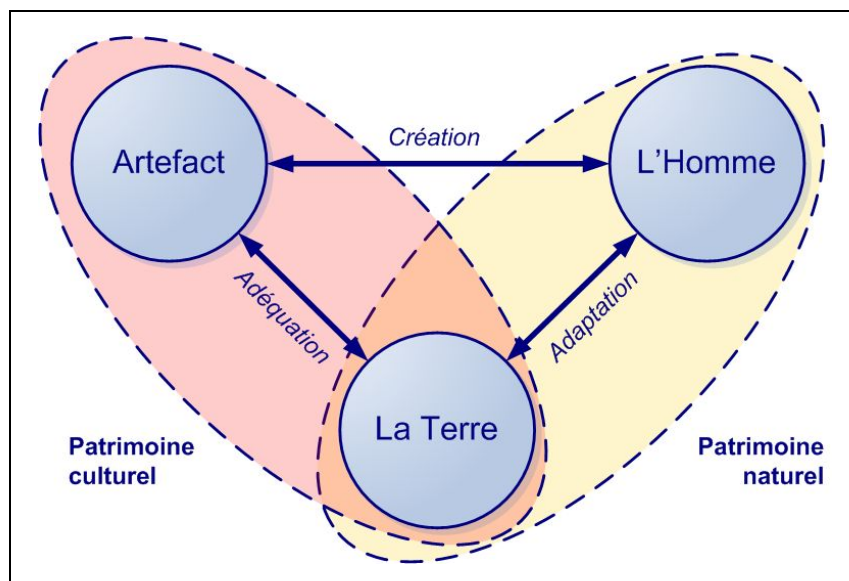


Figure 1. Le triptyque du patrimoine

### ***Une problématique sous-jacente : «Le patrimoine immatériel ? »***

L'analyse de la définition de la convention de l'UNESCO montre que :

- le patrimoine naturel est la relation entre les entités Terre & Homme ;
- le patrimoine culturel se situe entre les entités Artefact & Terre.

Nuançons nos propos en précisant que, malgré que l'homme soit indissociable du lien Artefact/Terre, celui-ci ou bien les liens qu'il établit avec le milieu extérieur ne sont pas au cœur des préoccupations lorsque qu'un programme de sauvegarde patrimonial voit le jour.

Dès lors, la situation du patrimoine technique et industriel pose aujourd'hui question, tant du point de vue de sa gestion et de sa valorisation dans les musées et les sites que du vieillissement intrinsèque de l'information technique contenue dans les collections, les archives et les lieux de patrimoine. Cette connaissance, témoignage du passé, vieillit très rapidement. L'enjeu consiste donc à sauvegarder cette mémoire immatérielle.

Sir Julian Huxley (1887-1975) était zoologiste et philosophe et siégeait en tant que vice-président de la Commission internationale pour l'histoire du développement scientifique et culturel de l'humanité à l'UNESCO. A la fin de sa vie, il déclara :

*« Au cours du siècle passé, une extraordinaire explosion scientifique a produit une somme de données, d'idées, et de principes plus grands que tous les millénaires précédents de l'histoire réunis avaient réalisés... Il est évident que la science ou plutôt la coopération scientifique, doit jouer un rôle dirigeant dans la tâche prodigieuse qui consiste à synthétiser cette masse énorme de connaissances sous forme d'un modèle intelligible, signifiant et chargé d'efficacité humaine. »*

En effet, les historiens attachent une place essentielle à la place de l'homme entre contexte et production intellectuelle. Gustave Eiffel et l'histoire de l'aérodynamique est un des exemples les plus marquants. Eiffel s'est acquis une renommée internationale grâce à sa tour, ses ponts et les multiples structures métalliques qu'il a construit dont celle de la statue de La Liberté. En revanche, il est moins connu comme le père de l'aérodynamique. Et pourtant ! C'est Gustave Eiffel qui, le premier, découvre les principes de la sustentation de l'air. Grâce à son appareil de chute installé au 2<sup>ème</sup> étage de la tour puis à l'invention et la construction de ses souffleries, il arriva à la conclusion que la pression de l'air est plus faible au dessus de l'aile qu'au dessous [5]. Grâce à cette découverte révolutionnaire, en moins de 100 ans, un nouveau mode de domestication de notre environnement naturel est né. Aujourd'hui, la principale conséquence des théories de Eiffel est la création d'un nouveau business extrêmement complexe et fructueux : le transport aérien.

### ***Le patrimoine technique et industriel aujourd'hui***

La protection du patrimoine scientifique, technique et industriel est une idée relativement récente. C'est au Royaume Uni qu'est né ce que les anglais dénomment « l'archéologie industrielle ». La première expérimentation de capitalisation et de valorisation de patrimoine industriel fut l'Ironbridge (le premier pont en fer au monde construit en 1779 et classé au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1986) [6].

Jusqu'à aujourd'hui, les musées ont pu conserver le patrimoine de multiples domaines et ce jusqu'à la période de la Révolution Industrielle. Pourquoi ?

Avant le 19<sup>ème</sup> siècle, rappelons que seules les énergies naturelles étaient mises en œuvre comme l'eau, le vent, la force animale ou humaine. Mais, de nos jours, contrôler

l'énergie signifie nucléaire, pétrole, charbon... On observe alors que la transition s'est effectuée lorsque les industries ont massivement mécanisé leurs usines ; et que, par ailleurs, ce fut la période de lancement des expositions universelles. Par conséquent, les objets étudiés se complexifiant dans leur nature intrinsèque tout aussi bien que dans leur contexte socio-éconómico-technique, les outils et méthodes classiques de la muséographie doivent être revisités car inefficients sur cette nouvelle forme de connaissance du 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècle.

D'après un sondage SOFRES réalisé en 1991, le grand public serait fortement intéressé pour découvrir dans les musées les objets techniques d'hier mais aussi d'aujourd'hui étant donné leur complexité fonctionnelle. Seul le fonctionnement du réfrigérateur semble être compris par le public ; il est donc nécessaire de revoir les méthodes d'appréhension des objets techniques afin de les vulgariser. Comme Jocelyn de Noblet l'illustre : "Nous sommes en 1910, un ancien ingénieur âgé de 70 ans va visiter la Tour Eiffel avec son petit fils ; il va lui expliquer à travers l'exemple de la tour ce qu'est la résistance des matériaux, les treillis,... De nos jours, le même ingénieur et son petit fils visitent le Viaduc de Millau, l'ingénieur lui dira : "Je t'expliquerai quand tu seras grand car c'est un peu compliqué !"" [7]. Ce propos illustre bien le travail à accomplir pour comprendre et vulgariser la technique ; comme s'exclame Robert Halleux, Professeur d'Histoire des Sciences et des Techniques à l'Université de Liège : "C'est avant tout un manque de culture technique des citoyens" [8].

Le contexte des évolutions technologiques change et devient de plus en plus complexe. Il est en perpétuel renouvellement tout comme l'évolution des entreprises et des compagnies industrielles. Le temps devient donc une variable fondamentale et critique quant à la capitalisation et la réutilisation des connaissances du passé.

Dans toute approche projet, avant sa mise en place, il est nécessaire de réaliser un cahier des charges et de fixer les buts à atteindre. Malheureusement, lorsqu'il est question de patrimoine, il semble évident de conserver cette connaissance (le but) mais en revanche la finalité (l'objectif) n'est jamais déterminée au commencement du projet. Le domaine des connaissances concernées n'est donc pas déterminé et il est nécessaire de capitaliser tout ce qui pourra l'être. Daniel Thoulouze, directeur du Musée des Arts-et-Métiers (Paris) déclare : « Un objet est un témoin de notre société » [9]. Un objet est défini par :

- **l'objet** lui-même,
- **le savoir-faire** et l'environnement associé : c'est-à-dire la mémoire vivante.

La charte déposée en juillet 2003 à l'UNESCO par TICCIH (comité international pour la conservation du patrimoine industriel et conseiller pour l'ICOMOS dans ce domaine) propose de définir le patrimoine industriel. Dans la suite de cette communication, nous nous appuyons sur cette définition comme fondement de nos travaux de recherche [10] :

*Le patrimoine industriel comprend les vestiges de la culture industrielle qui sont de valeur historique, sociale, architecturale ou scientifique. Ces vestiges englobent : des bâtiments et des machines, des ateliers, des moulins et des usines, des mines et des sites de traitement et de raffinage, des entrepôts et des magasins, des centres de production, de transmission et d'utilisation de l'énergie, des structures et infrastructures de transport aussi bien que des lieux utilisés pour des activités sociales en rapport avec l'industrie (habitations, lieux de culte ou d'éducation).*

La charte prévoit également de définir la discipline mise en jeu dans cette nouvelle vision du patrimoine industrielle : l'archéologie industrielle [10] :

*L'archéologie industrielle est une méthode interdisciplinaire qui étudie toutes les preuves, matérielles et immatérielles, les documents, les artefacts, la stratigraphie et les structures, les implantations humaines et les paysages naturels et urbains créés pour ou par des processus industriels. Elle se sert des méthodes les mieux appropriées pour accroître la compréhension du passé et du présent industriel.*

### 3. Hypothèses et méthodologie

#### *Hypothèses*

Nous avons vu précédemment que l'archéologie industrielle se propose de mettre en corrélation les entités définies par la Figure 1. Des outils et des méthodes sont à définir pour décrire les entités mises en cause et analyser les liens les interconnectant. Le domaine d'étude étant celui des manufactures, des usines, des industries... il convient de s'interroger sur la possibilité d'une adaptation des outils et méthodes issus du monde industriel au champ disciplinaire de la muséographie. Notons cependant que cette hypothèse est bijective et que les résultats de cette démarche « Génie Industriel vers Patrimoine » pourront être réinjecté dans le monde industriel afin d'enrichir ses modèles et leurs sémantiques.

Pour capitaliser les connaissances, de nombreuses méthode existent : MOKA, MKSM, méthode des lignées, des antagonistes... Cependant, une fois les connaissances extérieures capitalisées, il demeure le problème de la conservation de l'objet physique. Afin de résoudre cette impasse technologique, les outils des sciences pour l'ingénieur et plus largement les outils du virtuel peuvent apporter une solution.

De plus, comme Olivier Lavoisy le démontre dans sa thèse [11], le graphisme technique a évolué exponentiellement depuis quelques années. En effet, le graphisme technique ne se contente pas que d'un rôle de dessin, c'est avant tout un moyen pour transmettre le savoir-faire et les connaissances contenus dans les ateliers, les centres d'apprentissage, les universités...

...-1990	2D Papier
1970-1995	DAO = Dessin assisté par Ordinateur
1980-...	CAO = Conception Assistée par Ordinateur
1990-...	PDM = Product Data Management
2000-...	DMU = Digital Mock-Up
2005-...	VM = Virtual Manufacturing
2008-...	Filière Numérique

Table 1. L'évolution du graphisme technique [12]



Actuellement, les maquettes numériques sont utilisées pour remplacer les maquettes physiques. Il est possible d'effectuer des simulations fonctionnelles, d'essayer de nouveaux designs... De plus, dans le monde de la réalité virtuelle, les outils se sont développés très rapidement et les simulations sont quasi-réalistes [13] [14].

### ***Vers une méthodologie générale : le Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique***

Selon les propos de Kuhn sur les Révolutions scientifiques [15] et ce que nous avons explicité dans les parties précédentes de cette communication, nous avons conclu qu'il y a un manque dans les méthodes contemporaines de conservation du patrimoine : les sciences et les techniques doivent être reconsidérées à leur juste valeur au même titre que l'est actuellement le patrimoine architectural. Par exemple, dans une usine, il y a les murs des ateliers mais aussi les moteurs, les actionneurs, les machines qui confectionnent les produits : prendre en compte ce point de vu technique et le contexte socio-économico-technique conduit alors à une meilleure compréhension du passé. Mais étant donné qu'il est question de mécanique et d'industrie, un produit sous-entend également une cinématique, une dynamique, des flux et des process. Ainsi, faire converger les approches des sciences pour l'ingénieur et des sciences humaines et sociales peut être bénéfique pour les deux disciplines.

Notre approche propose donc une nouvelle finalité : sauvegarder et conserver un objet physique coûte cher pour un Musée ; et parfois, le démantèlement est impossible (la machine tombant en ruine) ; nous proposons alors de le sauvegarder sous la forme d'un objet virtuel, d'une maquette numérique...

La figure 2 présente le processus global que nous avons mis en place pour capitaliser et valoriser le patrimoine scientifique, technique et industriel.

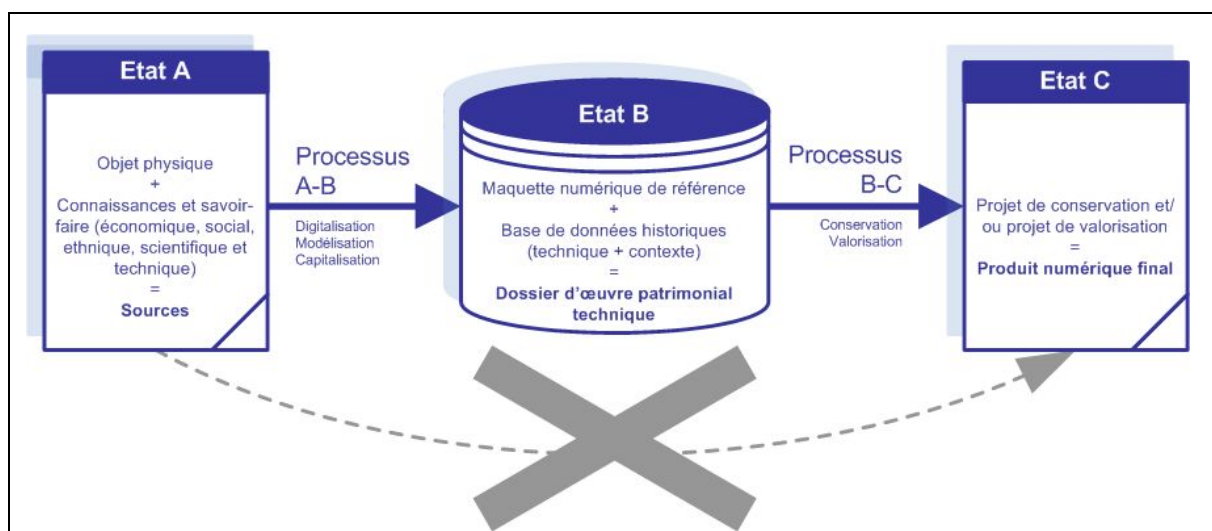


Figure 2. Méthodologie générale pour la conservation du patrimoine technique et industriel

Passer directement de l'état A à l'état C n'est pas recommandé. En effet, les différentes possibilités de finalités énumérées ci-après pour l'état C montrent qu'il est nécessaire de capitaliser un maximum d'éléments au départ. Ainsi, un état intermédiaire structuré contenant l'ensemble des informations, des données et des connaissances est indispensable : c'est que ce l'on appelle, par extension à la définition muséographique du Dossier d'Oeuvre, le Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique. Notons que l'appellation anglaise est plus signifiante et que celle-ci sera utilisée dans la suite de cette communication : DHRM = Digital Heritage Reference Model [16].

La première phase concerne l'acquisition des données. Il s'agit du travail classique de l'histoire des techniques consistant à regrouper la documentation à caractère technique ou externaliste (il est entendu par externaliste les informations sur le contexte économique et le contexte social). La première catégorie concerne des plans, des données archéologiques, anthropologiques ou ergonomiques, des restes de machines... La deuxième catégorie est constituée par des données économiques, sociales, architecturales, paysagères... [17].

Par la suite, un travail de numérisation des données, c'est-à-dire de prise de côtes, est ensuite mené. Les premiers outils sont bien entendu le pied à coulisse et le mètre à ruban. Cependant, afin de gagner en temps de mesure et afin de pouvoir prendre en charge des machines complexes, la numérisation 3D peut être utilisée : théodolite à balayage laser, scanner laser 3D avec reconstruction topographique en temps réel...

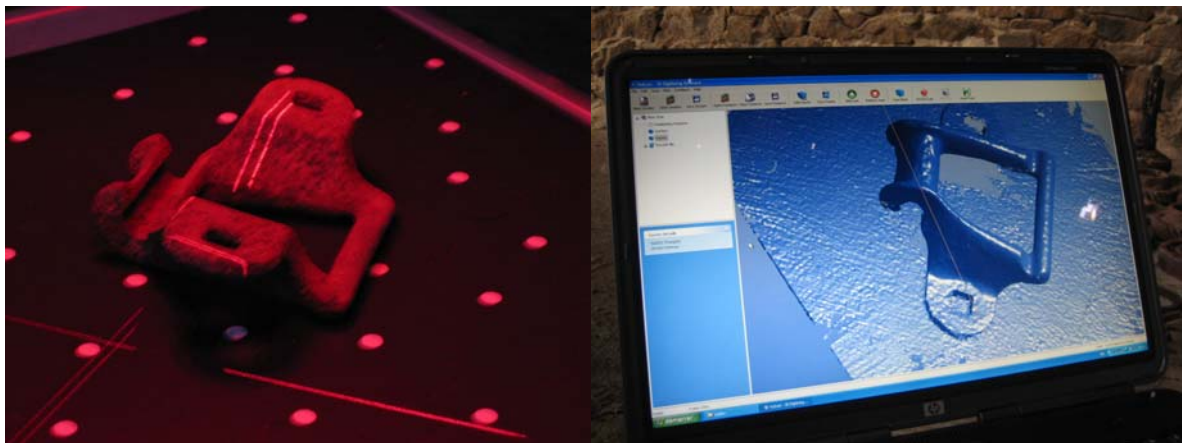


Figure 3. Numérisation 3D de composants industriels patrimoniaux

Cette première phase doit ensuite être prolongée par une analyse de ces données numérisées, dans le but d'élaborer la maquette numérique de référence de l'état B et ainsi conduire au DHRM. Ce dernier fait intervenir toutes les données à caractère scientifique, technique et dynamique de la machine. De plus, une base de données à caractère historique lui est associée. Cet ensemble constitue alors « le Dossier d'Oeuvre Patrimonial Technique », qui permet en lui-même la gestion des connaissances.

A partir de cet état de référence, plusieurs possibilités d'utilisation de cette maquette à des fins de valorisation sont envisageables (état C) :

- Thésaurus virtuel (archives numériques),
- Sauvegarde en archéologie industrielle,
- Utilisation didactique pour experts ou universitaires,
- Reconstruction,
- Valorisation muséographique pour tout type de publique.

Pour le dernier cas d'application, plusieurs approches peuvent être développées. Au vu de la croissance exponentielle des technologies de Réalité Virtuelle prenant en compte la quasi-totalité des cinq sens des humains, nous menons actuellement des recherches d'un point de vue utilisateur afin de cerner au mieux les besoins du public quant à l'appréhension de ce type de technologie [18].



Figure 4. Simulation dynamique en Réalité Virtuelle (salle immersive)

### ***Des perspectives...***

La démarche que nous proposons pourrait être une solution au problème de conservation et de stockage des machines technologiques et industrielles. En effet, ce problème a été rencontré non seulement par le Musée des Arts-et-Métiers mais également par des musées similaires en Allemagne, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, environ à la même époque. Ce décrochage, essentiellement lié au développement exponentiel des technologies industrielles du 20<sup>ème</sup> siècle rend particulièrement difficile l'accumulation de ces objets. Par conséquent, mettre en place des collections à caractère virtuel pourrait en être une finalité des plus intéressantes qui pourraient s'avérer utiles, non seulement pour les historiens des techniques mais également pour les industriels, afin d'identifier le contexte et les moteurs de l'innovation. Il s'agit en effet d'une veille technologique d'un nouveau type, qui prend en compte la filière technologique sur la longue durée, permettant ainsi de comprendre certaines inflexions, évolutions ou tendances de l'innovation [19] [20].

Par ailleurs, un marché est sans doute en train d'émerger dans le domaine de la reconstruction. En effet, lorsque nous avons rencontré les propriétaires des machines pour

leur proposer de réaliser, à titre expérimental, des maquettes virtuelles à des fins de sauvegarde, nous avons été surpris de constater que la plupart d'entre eux désiraient profiter de cette opportunité pour reconstruire leur machine. Ainsi, la capitalisation des connaissances par l'outil numérique pourrait également permettre aux jeunes générations, qui auront compris par ce biais le fonctionnement de ces objets technologiques, de les fabriquer à nouveau.

S'il s'agit d'un objectif de sauvetage, cet outil permettrait également de réaliser, préventivement, la conservation des connaissances avant la destruction d'un atelier. En effet, si des moyens importants ont toujours été mobilisés pour procéder au sauvetage archéologique traditionnel des objets apparus avant l'époque moderne et contemporaine, cette notion est encore malheureusement inexistante dans le domaine du patrimoine industriel.

#### **4. Conclusion, discussion et application**

Ce sujet de recherche fondamental n'étant qu'à ses débuts, beaucoup de pistes sont encore à explorer. En effet, de part le caractère nouveau de cette thématique de recherche, il ne s'agit plus d'aller de l'idée à l'objet comme dans un processus de conception classique. L'enjeu ici est de réaliser du reverse-engineering « contextualisé » ; cela va bien au delà de la simple numérisation d'objet afin de le reproduire en prototypage rapide, la démarche objet réel vers objet virtuel peut alors s'étendre bien plus loin et créer un nouveau mode de pensée : de l'objet à l'idée. Il s'agit d'une démarche de rétro-conception complète avec la nécessité d'intégrer le contexte de l'objet pour mieux en cerner tout son sens et sa sémantique [21].

Cependant, l'approche historienne semble être plus aboutie que les méthodes de capitalisation des connaissances utilisées dans l'industrie. En effet, leur démarche consiste à identifier tous les paramètres pouvant expliquer pourquoi la machine se trouvait ici, pourquoi elle se trouve là, pourquoi elle fonctionnait comme ceci puis comme cela... Les tâches principales des études historiques consistent à :

- D'un côté, déterminer par qui ou par quel fait, les lois ou les théories scientifiques ont été découvertes ou invitées,
- D'un autre côté, décrire et expliquer la quantité d'erreurs qui a ralenti la progression de l'homme ou des technologies.

Dès lors, l'équipe projet dédié à cette sauvegarde du patrimoine industriel ne peut être une équipe mono-disciplinaire. Tout comme dans le monde industriel, il est créé des équipes pluridisciplinaires ; de part la complexité intrinsèque des objets étudiés, l'équipe devra elle aussi faire appel à de nombreux métiers. C'est pourquoi nous proposons non pas de parler d'équipe pluridisciplinaire mais d'équipe interdisciplinaire lorsqu'il est question d'archéologie industrielle. Il faut créer un espace commun où la notion « inter » au sens mathématique du terme permet un champ d'investigation bien plus large que la notion « d'union ».

## Références

- [01] J.-P. Dalbéra, M. Foulonneau "Recherche et numérisation du patrimoine culturel", Actes du colloque ICHIM, 8-12 septembre 2003, 23 p.
- [02] C. Cuenca "Patrimoine scientifique et technique de la recherche. Projet régional de sauvegarde du patrimoine du XXIème siècle" Actes des journées d'études de l'Office de Coopération et d'Information Muséographiques, Dijon, ISBN 2-11-092787-9, 21 et 22 septembre 2000, 140 p.
- [03] "Le Patrimoine scientifique et technique contemporain", <http://patrimoine.atlantech.fr> consulté le 06/05/05
- [04] UNESCO "Convention concernant la protection du patrimoine mondial culturel et naturel", 17<sup>ème</sup> Conférence générale, Paris, 16 novembre 1972, 17 p.
- [05] G. Eiffel, "Recherches expérimentales sur la résistance de l'air exécutée à la Tour Eiffel", 1909, 98 p.
- [06] B. Rolland-Villemot "Le traitement des collections industrielles et techniques, de la connaissance à la diffusion", OCIM letter n°73, 2001, pp.13-18
- [07] J. de Noblet "Patrimoine et avant-garde scientifique et technique au XXIème siècle" Journée d'étude O.S.TIC, Institut de l'Homme et de la Technologie, Nantes, 16 mars 2005
- [08] R. Halleux "Le patrimoine des sciences physiques en Belgique" Colloque La physique dans la société contemporaine, Conservatoire National des Arts-et-Métiers, Paris, 26 mai 2005
- [09] D. Thoulouze "Recherche et développement dans l'entreprise: conserver l'instrumentation, pourquoi, comment ?", journée d'étude, Musée des Arts-et-Métiers, Paris, avril 2006
- [10] TICCII "Charte pour le patrimoine industriel", Juillet 2003, 4 p.
- [11] O. Lavoisy, "La matière et l'action – le graphisme technique comme instrument de la coordination industrielle dans le domaine de la mécanique depuis trois siècles", thèse de doctorat, laboratoire CRISTO, INPG, Grenoble, 2000
- [12] O. Vandendriessche (Volvo IT Electrical Solutions Competence Center Enterprise) "Mise en œuvre d'une solution métier intégrée pour la filière électrique", MICAD, Paris, avril 2005
- [13] C. Bascoul "L'esquisse virtuelle en conception mécanique", 9<sup>ème</sup> colloque national AIP Primeca, La Plagne, 5-8 avril 2005, 12 p.
- [14] A. Mikhevitch, J.-C. Léon, A. Gousskov "Vers de nouvelles méthodes de simulation des opérations d'assemblage : évaluation d'assemblage de pièces flexibles dans un environnement de RV" 9<sup>ème</sup> colloque national AIP Primeca, La Plagne, 5-8 avril 2005, 13 p.
- [15] T. Kuhn "La structure des révolutions scientifiques", 1970, 284 p.
- [16] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte, S. Deniaud "A new methodology for a new life of old technical machines", CIRP Design Seminar, Alberta, Canada, Juillet 2006, 12 p.
- [17] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte "Méthode de construction de situations d'usages virtuelles de systèmes techniques anciens", Conférence CPI, Casablanca, Maroc, Novembre 2005, 19 p.
- [18] F. Laroche, A. Bernard, M. Cotte "A new approach for preserving the technical heritage", Colloque scientifique VRIC, Salon Laval Virtual, Laval, France, avril 2006, 11 p.
- [19] M. Cotte "De l'espionnage à la veille...", ISBN 2-84867-090-8, 2005, 294 p.
- [20] C. Bascoul "L'esquisse virtuelle en conception mécanique", 9<sup>ème</sup> colloque national AIP Primeca, La Plagne, 5-8 avril 2005, 12 p.
- [21] P. Crubleau, S. Richir, R. Hambli "La maîtrise des futures générations de produits & TRIZ", 8<sup>ème</sup> colloque national AIP Primeca, La Plagne, 31 mars - 2 avril 2003, 10 p.